

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-293898

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 08-102542

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 24.04.1996

(72)Inventor : SENOO MASAYUKI  
NAKAMURA SHUJI

## (54) ELECTRODE AND NITRIDE SEMICONDUCTOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide preferred ohmic contact stable with a p-type nitride semiconductor and provide an electrode having a low contact resistance, by forming an electrode containing at least palladium and a nitrogen inactive metal on the surface of a p-type nitride semiconductor layer.

SOLUTION: By combining a nitrogen inactive metal, such as, Pt and Au, with Pd, preferred ohmic contact of an electrode with a p-type nitride semiconductor is obtained and an electrode having a stable ohmic characteristic is obtained. This electrode has a better ohmic characteristic with Pt as the metal in contact with the p-type layer than with Ti as in a conventional electrode. Also, though none of Pd, Pt and Au of this electrode generates nitride with the nitride semiconductor, the electrode containing these metals has very preferred ohmic contact with the nitride semiconductor. Therefore, even though annealing is performed, the quality of the electrode is not changed and thus the ohmic characteristic may be maintained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.02.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3233258

[Date of registration] 21.09.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3233258号  
(P3233258)

(45) 発行日 平成13年11月26日 (2001. 11. 26)

(24) 登録日 平成13年 9 月21日 (2001. 9. 21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

E

C

H 0 1 S 5/042

6 1 2

H 0 1 S 5/042

6 1 2

請求項の数 3 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平8-102542

(22) 出願日 平成 8 年 4 月24日 (1996. 4. 24)

(65) 公開番号 特開平9-293898

(43) 公開日 平成 9 年11月11日 (1997. 11. 11)

審査請求日 平成11年 2 月 3 日 (1999. 2. 3)

(73) 特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜  
化学工業株式会社内

(72) 発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜  
化学工業株式会社内

審査官 杉山 輝和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体の電極

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 p型窒化物半導体層表面に、少なくともパラジウム (P d) を含む金属が形成され、その上に白金 (P t)、ルテニウム (R u)、ロジウム (R h)、オスミウム (O s)、イジウム (I r)、銀 (A g) よりなる群から選択された少なくとも一種の金属、さらにその上に金 (A u) が形成されたことを特徴とする窒化物半導体の電極。

【請求項 2】 前記 p 型窒化物半導体のキャリア濃度は  $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$  以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体の電極。

【請求項 3】 前記窒化物半導体の電極は、窒化物半導体レーザの p 型窒化物半導体層の表面に形成されることを特徴とする請求項 1 乃至 2 に記載の窒化物半導体の電極。

2

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】 本発明は窒化物半導体 (In<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x-y</sub>N, 0 ≤ x, 0 ≤ y, x+y ≤ 1) よりなり、発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LED) 等の発光素子、太陽電池、光センサー等の受光素子に利用される窒化物半導体素子に係り、特に、窒化物半導体素子の p 型窒化物半導体表面に形成される電極に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体よりなる発光素子は、本出願人により青色 LED、緑色 LED として最近実用化されたばかりである。また LED に関しては 1995 年末に、この材料を用いて室温において 410 nm のパルス発振が確認された。

3

【0003】これらの発光素子はいずれもp型層とn型層との間に発光する活性層が挟まれたダブルヘテロ構造を有しており、最上層のp層にはNiを含む正電極が設けられている。Niを含む正電極はp型窒化物半導体と良好なオーミック接触が得られ、さらに窒化物半導体との接着性にも優れており、現在、有用な電極となっている。

【0004】Niを含む電極の他にも、p型窒化物半導体の電極材料が提案されている。例えば特開平8-32115号公報には金属性窒化物と、金属性水素化物（水素貯蔵金属）とを含む電極が示されており、具体的には金属性水素化物にはPd、金属性窒化物にはTi、Hf、Nb等が示されている。この技術は窒化物を作る金属により窒化物半導体層内部の窒素を吸引して、電極直下の窒化物半導体層の窒素空孔をなくし、さらに水素貯蔵合金によりp型窒化物半導体より水素を奪いp型ドーパントを活性化させて高キャリア濃度のp型層を得る作用を奏するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記窒化物を作る金属は、逆に窒化物半導体より窒素を奪い、窒素空孔を増加させる。従って、窒素空孔が増えるためにp型窒化物半導体がi型若しくはn型に近くなってしまうため、安定して窒化物半導体にオーミックを得ることは難しい。しかも、Tiはn型窒化物半導体層のオーミック電極として用いられる材料である。

【0006】一方、Niを含む電極はLEDの電極としては非常に好ましい特性を示しているが、青色LEDのように早急に室温での連続発振が望まれている素子を実現するには、さらに閾値を低下させる必要がある。そのためには窒化物半導体と接触抵抗ができるだけ低い電極を実現しなければならない。特にp型窒化物半導体はn型窒化物半導体に比較して抵抗率が大きいので、そのp型窒化物半導体に形成する電極は閾値を低下させる上で非常に重要である。

【0007】従って、本発明はこのような事情を鑑みて成されたものであって、その目的とするところは、p型窒化物半導体と安定して好ましいオーミック接触が得られると共に、接触抵抗の低い電極を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物半導体の電極は、p型窒化物半導体層表面に、少なくともパラジウム(Pd)を含む金属が形成され、その上に白金(Pt)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、オスmium(Os)、イリジウム(Ir)、銀(Ag)よりなる群から選択された少なくとも一種の金属（窒素と反応しない金属。以下、窒素不活性金属と述べる。）、さらにその上に金(Au)が形成されたことを特徴とする。

【0009】

4

【0010】

【0011】

【発明の実施の形態】p型窒化物半導体を得るには、Mg、Zn、Cd等のII族元素よりなるp型ドーパントを窒化物半導体成長中にドーピングすることによって得られる。また成長後、特開平5-183189号公報に示される400℃以上のアニーリング（熱処理）を行うことにより、さらに低抵抗なp型が得られる。窒化物半導体はGaNであると、高キャリア濃度のp型層が得られやすく、電極材料と最も好ましいオーミックが得られ、特にMgをドーピングしたGaNを電極が接する層、即ちコンタクト層とすることが最も好ましい。なお、p型窒化物半導体のキャリア濃度は $1 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以上あることが望ましい。

【0012】本発明の電極において窒素不活性金属とは、窒素と反応して窒化物半導体、若しくは窒化物の絶縁体を形成しない金属よりなる電極を指し、例えばPt、Ru、Rh、Os、Ir等の白金族元素、Au、Ag等の貴金属元素が電極材料として好ましい。

【0013】本発明の電極において、p型窒化物半導体層表面に形成するPdおよび窒素不活性金属の順序は特に問うものではないが、Pdを窒化物半導体と接する側とするとより好ましいオーミックが得られる。さらに窒素不活性金属の中でもPtおよびAuを使用するとアニーリングに対しても安定な電極が提供できる。

【0014】

【実施例】

【実施例1】本発明の電極は、窒素不活性金属と、Pdとを組み合わせることによりp型窒化物半導体に好ましいオーミック接触が得られると共に、安定したオーミック特性の電極が得られる。図1は本発明の一実施例に係る電極の電流電圧特性Aと、従来の電極の電流電圧特性Bを比較して示す図である。Aは、PdとPtとAuよりなる本発明の電極であり、BはPdとTiとを積層した従来の電極を示している。これらの電極はp型窒化物半導体の表面に、同一の電極を1ペアづつ形成した後、ノンアニールの状態でのそれぞれの電極間の電流電圧特性を示すものである。この図に示すように、本発明の電極は、従来のPd/Tiを含む電極よりもオーミック特性が優れている。これは、p型層に接する金属がTiよりもPtの方がオーミック特性が優れていることを示している。さらに、この電極を500℃でアニーリングした際の電流電圧特性を図2に示す。アニーリングにより、従来の電極Bは電流電圧特性がよくなる傾向にあるが、本発明の電極はほとんど変化しない。これは、本発明の電極が安定したオーミック特性を保持していることを示している。なおBは従来の電極のベストモードを示すものである。

【0015】また、p型窒化物半導体を成長させた100枚のウェーハから10mm×10mm角のチップを2

5

個づつ取り出し、一方のチップにはPd/Pt/Auよりなる本発明の電極を形成し、もう一方のチップにはPd/Tiよりなる従来の電極を形成した。そして、それぞれ100個のチップを500℃でアニーリングした後、電極を全数検査して電流電圧特性を測定したところ、本発明の電極は100個全てが図2のAに示すようなオーミック特性を示したが、従来のPd/Tiよりなる電極は、電流-電圧特性は必ずしも安定しておらず、15%近くがショットキーバリアに近い特性を示し、好ましいオーミックが得られていなかった。

【0016】以上のような違いは、次のような作用によると推察される。従来の電極はアニーリングにより、Tiがp層の窒素を吸引して、電極直下の窒素空孔を補償してオーミック性が向上するとされているが、実際には窒素も水素と同様に電極から抜けてしまうため、キャリア濃度はほとんど変わらないか、減少している。従って電流電圧特性が安定しないのである。一方、本発明の電極はPd、Pt（白金族元素、およびAg）、Auとも窒化物半導体とは窒化物を生成しないが、これらの金属を含む電極は、窒化物半導体と非常に好ましいオーミックが得られる。そのため、アニーリングを行っても電極が変質しないことにより、オーミック性が維持できる。

【0017】【実施例2】図3は窒化物半導体よりなるレーザ素子の構造を示す模式的な断面図であり、このレーザ素子は、サファイア基板1の上に、GaNよりなるバッファ層（図示せず）200オングストローム、SiドープGaNよりなるn型コンタクト層2を5μm、Siドープn型Al0.07Ga0.93Nよりなるn型光閉じこめ層3を0.1μm、Siドープn型GaNよりなるn型光ガイド層4を500オングストローム、InGaN多重量子井戸構造の活性層5を1000オングストローム、Mgドープp型GaNよりなるp型光ガイド層6を500オングストローム、MgドープAl0.07Ga0.93Nよりなるp型光閉じ込め層7を0.5μm、Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層8が0.2μmで積層されており、p型光閉じ込め層7およびp型コンタクト層8がリッジ形状を有している。

【0018】このレーザ素子のn型コンタクト層2にはTi/Alよりなるストライプ状の負電極20を形成し、p型コンタクト層8のほぼ全面にPdを50オングストローム、その上にPtを200オングストローム、その上にAuを0.2μmの膜厚で形成した後、このレーザ素子をヒートシンクに設置し、パルス発振させたところ、順方向電圧10V、閾値電流100mAで、410nmのレーザ発振を示し、連続して100時間発振させても、順方向電圧は変化しなかった。さらに、電極を

6

500℃でアニーリングしてもその特性は変化しなかった。

【0019】【実施例3】実施例2において、Ptの代わりにRuを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、順方向電圧は11Vに上昇したが、後は実施例2と同一の特性を示した。

【0020】【実施例4】実施例2において、Ptの代わりにRhを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、実施例3の素子とほぼ同一の特性を示した。

10 【0021】【実施例5】実施例2において、Ptの代わりにOsを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、実施例3の素子とほぼ同一の特性を示した。

【0022】【実施例6】実施例2において、Ptの代わりにIrを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、実施例3の素子とほぼ同一の特性を示した。

【0023】【実施例7】実施例2において、Ptの代わりにPtを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、実施例3の素子とほぼ同一の特性を示した。

20 【0024】【実施例8】実施例2において、Ptの代わりにAgを用いる他は同様にしてレーザ素子を作成したところ、実施例3の素子とほぼ同一の特性を示した。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電極はp型窒化物半導体と安定して好ましいオーミックが得られ、しかも変質しにくいという特徴を有している。従って、レーザ素子のように素子自体が発熱するデバイスの電極とすると、安定した素子を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

30 【図1】 本発明の電極と従来の電極との電流電圧特性を比較して示す図。

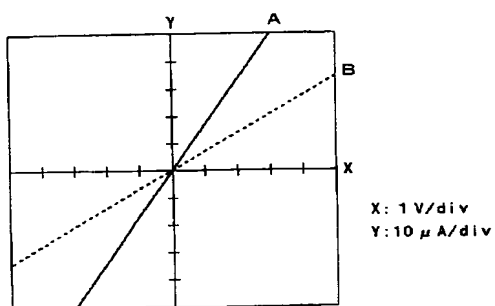
【図2】 本発明の電極と従来の電極との電流電圧特性を比較して示す図。

【図3】 本発明の電極が形成されたレーザ素子の構造を示す模式断面図。

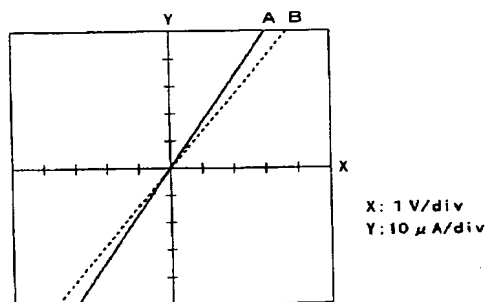
【符号の説明】

- 1・・・基板
- 2・・・n型コンタクト層
- 3・・・n型光閉じこめ層
- 4・・・n型光ガイド層
- 5・・・活性層
- 6・・・p型光ガイド層
- 7・・・p型光閉じこめ層
- 8・・・p型コンタクト層
- 20・・・負電極
- 30・・・正電極

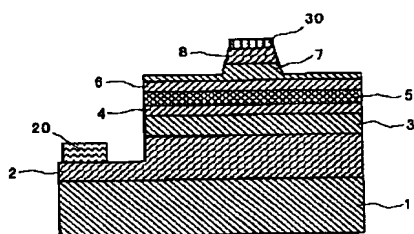
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(56) 参考文献 特開 平9-129932 (J P, A)  
 特開 平9-64337 (J P, A)  
 特開 平9-232632 (J P, A)  
 特開 平9-251966 (J P, A)  
 特開 平9-129929 (J P, A)  
 特開 平5-315647 (J P, A)  
 特開 平7-249795 (J P, A)  
 特開 平6-152072 (J P, A)

(58) 調査した分野 (Int. Cl. 7, D B 名)  
 H01L 33/00  
 H01S 5/00 - 5/50